

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-31244  
(P2003-31244A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 M 8/04

識別記号

F I  
H 0 1 M 8/04

テマコード\* (参考)  
J 5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-213042 (P2001-213042)

(22) 出願日 平成13年7月13日 (2001.7.13)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 菅原 竜也

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72) 発明者 縫谷 芳雄

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(74) 代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

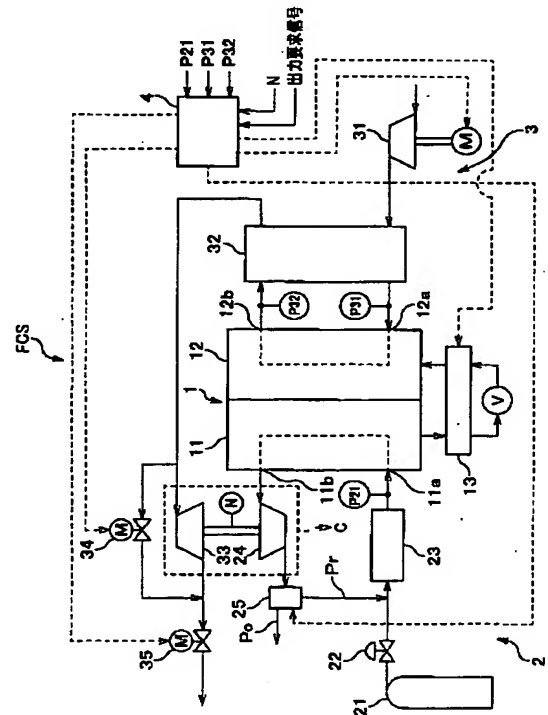
Fターム (参考) 5H027 AA06 BA13 BA14 BA19 KK02  
KK03 KK05 MM03 MM09

(54) 【発明の名称】 燃料電池用ガス循環システム及び燃料電池用ガス循環装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池の効率を低下することなく燃料ガスを再循環でき、また、燃料ガス容器に貯蔵された燃料ガスを十分に使い切ることのできる、燃料電池用ガス循環システム及び燃料電池用ガス循環装置を提供する。

【解決手段】 水素をアノード11に供給し、空気をカソード12に供給することにより電気が発生する燃料電池1のカソード12から排出されるカソードオフガスの流路上に設けられ、燃料電池1に加えられる空気の圧力を調整する背圧弁35と、アノード11から排出されたアノードオフガスを燃料電池1に供給される水素に合流させる水素循環流路とを備えた燃料電池用ガス循環システムにおいて、カソード12と背圧弁35との間のオフガスの流路上にこのカソードオフガスの圧力により駆動されるタービン33を設け、水素循環流路上にタービン33により駆動されるコンプレッサ24を設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】燃料ガスをアノードに供給し、空気をカソードに供給することにより電気を発生する燃料電池の前記カソードから排出されるオフガスの流路上に設けられ、前記燃料電池に加えられる前記空気の圧力を調整する背圧弁と、

前記アノードから排出されたオフガスを前記燃料電池に供給される前記燃料ガスに合流させる燃料ガス循環流路と、を備えた燃料電池用ガス循環システムにおいて、前記カソードと前記背圧弁との間のオフガスの流路上にこのオフガスの圧力により駆動されるタービンを設け、前記燃料ガス循環流路上に前記タービンにより駆動されるコンプレッサを設けたことを特徴とする燃料電池用ガス循環システム。

【請求項 2】前記カソードから排出されるオフガスの流路上に前記タービンを迂回させるバイパス流路を設け、該バイパス流路上に開度調整可能なバイパス弁を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池用ガス循環システム。

【請求項 3】燃料ガスをアノードに供給し、空気をカソードに供給することにより電気を発生する燃料電池のカソードから排出された空気により駆動され、N 極又は S 極のうちの一方の極を有する駆動軸を備えるタービンと、

前記 N 極又は S 極のうちの他方の極を有して前記タービンの駆動軸と同軸に配される被駆動軸を有し、前記燃料ガスを送出するコンプレッサと、前記タービン及び前記駆動軸と、前記コンプレッサ及び前記被駆動軸とを隔てる隔壁と、前記タービン、前記コンプレッサ及び前記隔壁を内蔵する筐体と、を備えたことを特徴とする燃料電池用ガス循環装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池に適用される燃料電池用ガス循環システム及び燃料電池用ガス循環装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、地球温暖化の原因になる二酸化炭素の排出量を抑制する等の環境面から、燃料電池電気自動車 (FCEV; Fuel Cell Electric Vehicle) が注目されている。燃料電池電気自動車は、例えば水素ガス容器に貯蔵された水素 ( $H_2$ ) と空気中の酸素 ( $O_2$ ) を電気化学的に反応させて発電する燃料電池 (FC; Fuel Cell) を搭載し、燃料電池が発電した電気を走行モータに供給して駆動力を発生させている。

【0003】ところで、燃料電池の効率を上げるために、燃料電池には燃料電池で消費される以上の量の水素及び空気が供給される。このため、消費されない水素及び空気が生じる。消費されなかった空気については、そ

のまま大気中に放出すれば大きな支障はないが、水素ガス容器から供給される水素については、消費されなかった水素を大気中に放出すると燃費を著しく悪化させる原因となる。そのため、水素ポンプを用いて水素を循環使用することが行われる。

【0004】例えば、特開平 8-203547 号公報には「固体高分子燃料電池から排出される残存水素、及び残存酸素を動力を必要とすることなく、固体高分子燃料電池に再循環させることができるようにした、固体高分子型燃料電池システム」が開示されている。具体的には、図 4 に示すように、この固体高分子型燃料電池システム 100 は、水素 (アノードガス) 及び酸素 (カソードガス) の供給圧力でそれぞれ駆動される水素圧力回収タービン 127 及び酸素圧力回収タービン 128 と、この圧力回収タービン 127、128 でそれぞれ駆動される水素回収コンプレッサ 129 及び酸素回収コンプレッサ 130 を設けている。そして、燃料電池 110 のアノードから排出される残存水素 (アノードオフガス) 及びカソードから排出される残存酸素 (カソードオフガス) を回収して、それぞれのコンプレッサ 129、130 で燃料電池 110 へ再度供給して、循環させる。なお、図 4 において、符号 108 は純水素を貯槽する水素ガス容器、符号 109 は純酸素を貯蔵する酸素ガス容器である。また、符号 119 は水素レギュレータ、符号 120 は酸素レギュレータである。また、符号 111 は水素加湿器、符号 112 は酸素加湿器である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、燃料電池 110 に供給されるアノードガスの圧力を回収して燃料電池 110 から排出されるアノードオフガスの圧力を高め、また燃料電池 110 に供給されるカソードガスの圧力を回収して燃料電池 110 から排出されるカソードオフガスの圧力を高め、そして、それぞれ燃料電池 110 に再循環させたのでは、燃料電池 110 に供給されるアノードガス及びカソードガスの圧力が、圧力回収タービン 127、128 を介在させたために低くなり、その結果として燃料電池 110 の発電効率が下がってしまう問題がある。また、このように、水素ガス容器 108 に蓄えられた水素 (アノードガス) の圧力で燃料電池 110 から排出されるアノードオフガスを循環しようとする、水素ガス容器 108 の圧力が低くなるとアノードオフガスを再循環することができなくなってしまう。つまり、アノードガスを再循環しようとする、水素ガス容器 108 に貯蔵された水素を十分に使い切ることができないという問題がある。この問題は、例えば燃料電池電気自動車の場合、1 回の水素充填で走行できる距離が短くなることを意味し、商品性能上芳しくない。

【0006】そこで、本発明は、燃料電池の効率を低下することなく燃料ガスを再循環することができ、また、燃料ガス容器に貯蔵された燃料ガスを燃料電池に供給す

る場合でも、この容器に貯蔵された燃料ガスを十分に使い切ることで、燃料電池用ガス循環システム及び燃料電池用ガス循環装置を提供することを主たる目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題に鑑み本発明者らは鋭意研究を行い、空気をカソードに供給して発電する燃料電池の場合、カソードから排出されたオフガス（カソードオフガス）は、燃料電池で酸素を消費されて酸素濃度が低くなっているため再循環するのは好ましくないこと、その一方で、まだ相当量の圧力エネルギーを保有しているためそのまま排出したのでは無駄を生じることなどに着目し、このカソードから排出されるカソードオフガスの圧力を回収して燃料電池のアノードから排出されるオフガス（アノードオフガス）を圧縮することで、アノードオフガスの燃料ガスとしての再循環、燃料電池の効率改善などが達成されることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】即ち、前記課題を解決した本発明（請求項1）は、燃料ガスをアノードに供給し、空気をカソードに供給することにより電気を発生する燃料電池のカソードから排出されるオフガスの流路上に設けられ、前記燃料電池に加えられる前記空気の圧力を調整する背圧弁と、前記アノードから排出されたオフガスを前記燃料電池に供給される前記燃料ガスに合流させる燃料ガス循環流路と、を備えた燃料電池用ガス循環システムである。そして、この燃料電池用ガス循環システムは、前記カソードと前記背圧弁との間のオフガスの流路上にこのオフガスの圧力により駆動されるタービンを設け、前記燃料ガス循環流路上に前記タービンにより駆動されるコンプレッサを設けたことを特徴とする。

【0009】この構成では、燃料電池のカソードから排出されたオフガスが背圧弁に至るまでのオフガスの流路上に、このオフガスの圧力により駆動されるタービンが設けられる。一方、循環流路に設けられたコンプレッサは、前記したタービンにより駆動され、アノードから排出されたオフガスを圧縮して燃料ガスに合流させる。つまり、アノードから排出されたオフガスは、燃料電池に供給されるガスの圧力エネルギーではなく、カソードから排出されるオフガス（空気）の圧力エネルギーで圧縮される。また、背圧弁は燃料電池の運転圧力を高くする。ちなみに、燃料電池は、加圧状態の方が発電効率は高くなる。なお、本発明は、燃料電池に供給される燃料ガスの圧力エネルギーによりアノードのオフガスを循環する構成ではないので、例えば、高圧水素容器に充填された水素を燃料ガスとして燃料電池に供給する場合に、該容器に充填された水素を十分に使い切ることができる。

【0010】また、本発明は（請求項2）、請求項1の構成において、前記カソードから排出されるオフガスの流路上に前記タービンを迂回させるバイパス流路を設

け、該バイパス流路上に開度調整可能なバイパス弁を設けたことを特徴とする燃料電池用ガス循環システムである。

【0011】この構成では、バイパス流路の開度を調整することで、燃料電池のカソードから排出されるオフガスが保有する圧力エネルギーの回収量を調整できる。例えば、バイパス弁の開度を開く方向に調整すると、バイパス流路での流れの抵抗が減少するので、タービンを迂回するオフガスの量が多くなり、タービンによる圧力エネルギーの回収量が少なくなる。なお、タービンによる圧力エネルギーの回収量が少なくなると、タービンにより駆動されるコンプレッサがアノードから排出されるオフガスに与える圧力エネルギーの量も少なくなる。一方、バイパス弁の開度を閉じる方向に調整すると、開く方向に調整するのとは逆の作用を及ぼす。

【0012】また、前記課題を解決した本発明（請求項3）の燃料電池用ガス循環装置は、燃料ガスをアノードに供給し、空気をカソードに供給することにより電気を発生する燃料電池のカソードから排出された空気により駆動され、N極又はS極のうちの一方の極を有する駆動軸を備えるタービンと、前記N極又はS極のうちの他方の極を有して前記タービンの駆動軸と同軸に配される被駆動軸を有し、前記燃料ガスを送出するコンプレッサと、前記タービン及び前記駆動軸と、前記コンプレッサ及び前記被駆動軸とを隔てる隔壁と、前記タービン、前記コンプレッサ及び前記隔壁を内蔵する筐体とを備えたことを特徴とする。

【0013】この構成では、駆動軸及び被駆動軸が隔壁で隔てられているので、軸封を完全に行うことができる。よって、例えば燃料ガスのロスを少なくして燃料電池における燃料ガスの燃費を良好なものとすることができる。なお、カソードから排出された空気により駆動されるタービンの駆動力は、隔壁を隔てて磁力によりタービンの駆動軸からコンプレッサの被駆動軸へと伝達される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図1は、本実施形態の燃料電池用ガス循環システムが適用される燃料電池システムの全体構成図である。

【0015】《燃料電池用システム（燃料電池用ガス循環システム）》図1に示す燃料電池システムFCSは、燃料電池1を中核とした発電システムである。燃料電池1は、水素供給装置2から燃料ガスとしての水素がアノード11に供給され、空気供給装置3から空気がカソード12に供給され、水素と空気中の酸素を触媒の存在下で電気化学的に反応させて発電する。燃料電池1は、固体電解質膜を電極及びセパレータで挟みこんだ単セルを、数百枚積層した構造をしている。なお、本実施形態での燃料電池用ガス循環システムは、水素供給装置2及び空

気供給装置 3 から構成されるものとする。

【0016】燃料電池 1 のアノード 11 は、水素の入口と出口であるアノード入口 11a とアノード出口 11b を備える。アノード入口 11a から供給された水素は、アノード 11 の各電極に行き渡り、各電極で所定量がプロトンになり電解質膜を通過してカソード 12 の各電極で酸素と反応する。この際に、電子を放出する。また、アノード 11 の各電極でプロトンにならなかった水素は、アノードオフガスとしてアノード出口 11b から燃料電池 1 の外に排出されるようになっている。

【0017】燃料電池 1 のカソード 12 は、空気の入口と出口であるカソード入口 12a とカソード出口 12b を備える。カソード入口 12a から供給された空気は、カソード 12 の各電極に行き渡り、電解膜を通過してきたプロトンと各電極で電気化学的に反応して水を生成する。なお、アノード 11 で水素から放出された電子は燃料電池 1 の外部に存在する負荷を経由してカソード 12 に達する。カソード 12 において、反応に関与しなかった酸素は窒素及び生成水と共に、カソード出口 12b からカソードオフガスとして燃料電池 1 の外に排出されるようになっている。

【0018】なお、燃料電池 1 から取り出される電流の量は、VCU（リミット機能付き電力調整器）13 により制御される。VCU 13 を介して燃料電池 1 から取り出された電流は、図示しない走行モータなどの負荷及びキャパシタに供給される。キャパシタは、電力の生成と消費におけるエネルギーバッファの役割を有する。ちなみに、燃料電池 1 は、水素及び空気が充分供給されても、燃料電池 1 から電流を取り出さなければ発電しない。その一方、供給される水素及び空気の量が少ないにもかかわらず、多くの電流を燃料電池 1 から抜き出そうとすると、いわゆるガス欠になり、燃料電池 1 を破損する原因になる。

【0019】水素供給装置 2 を説明する。図 1 に示すように、水素供給装置 2 は、水素（燃料ガス）の流れを基準にして、上流から下流に向けて水素ガス容器 21、レギュレータ 22、水素加湿器 23、コンプレッサ 24、三方弁 25 を有する。また、これらの機器を接続する流路（水素供給流路、水素循環流路、水素排出流路）を有する。

【0020】水素ガス容器 21 は、炭素繊維で補強した樹脂製の軽量な高圧水素容器から構成され、燃料電池 1 のアノード 11 に供給する水素を貯蔵する。貯蔵する水素は純水素であり、圧力は 30～35 MPa G（300～350 kg/cm<sup>2</sup> G）である。なお、水素ガス容器 21 は、水素吸蔵合金を内蔵し 1 MPa G（10 kg/cm<sup>2</sup> G）程度の圧力で水素を貯蔵する水素吸蔵合金タイプである場合もある。

【0021】レギュレータ 22 は、図示しないダイヤフラムや圧力調整バネなどから構成され、高圧で貯蔵され

た水素を所定の圧力まで減圧させ、一定の圧力で使用できるようにする圧力制御弁である。このレギュレータ 22 は、ダイヤフラムに入力される基準圧を大気圧にすると、水素ガス容器 21 に貯蔵された水素の圧力を大気圧近辺の任意の圧力にまで減圧することができる。

【0022】水素加湿器 23 は、図示しない中空糸膜モジュールを利用した加湿器であり、燃料電池 1 のアノード 11 に供給される水素を加湿する。なお、水素を加湿することにより、燃料電池 1 の電解質膜の乾燥が防止されてプロトン導伝率が向上する。

【0023】コンプレッサ 24 は後記するタービン 33 により駆動（回転）され、燃料電池 1 のアノード出口 11b から排出される水素（アノードオフガス）を圧縮する。なお、アノードオフガスを圧縮するのは、燃料電池 1 における圧力損失で低下したアノードオフガスの圧力を回復して、燃料電池 1 に向かう水素に戻して再循環するためである。このコンプレッサ 24 は、請求項における「燃料ガス循環流路上にタービンにより駆動されるコンプレッサ」に該当する。

【0024】三方弁 25 は、図示しない流路切替器から構成され、水素の流路を切り替えて、排出位置、循環位置にする。三方弁 25 を排出位置にした場合には、水素は排出管 P<sub>o</sub> を通流して水素供給装置 2 の系外に排出される。一方、三方弁 25 を循環位置にした場合には、戻し配管 P<sub>r</sub> を通流して加湿器 23 の上流で燃料電池 1 のアノード 11 に向かう水素に戻される。なお、符号 P<sub>21</sub> は、アノード入口 11a における水素の圧力（アノード入口圧力）を検出する圧力センサであり、検出信号は制御装置 4 に送信される。

【0025】空気供給装置 3 を説明する。図 1 に示すように、空気供給装置 3 は、上流から下流に向けてスーパーチャージャ 31、加湿器 32、タービン 33、バイパス弁 34、背圧弁 35 を有する。また、これらの機器を接続する流路を有する。

【0026】スーパーチャージャ 31 は、大気中から空気を取り入れて圧縮するモータ駆動のコンプレッサである。加湿器 32 は、例えば毛管凝縮型の中空糸膜を多数備えた中空糸膜式の加湿器であり、燃料電池 1 のカソードに供給される空気を、カソード 12 から排出される空気（カソードオフガス）が保有する水分により加湿する。なお、カソードオフガスは、酸素と水素（プロトン）の反応の結果生じた生成水を多量に含む。

【0027】タービン 33 は、燃料電池 1 のカソードオフガスの圧力エネルギーを利用して駆動（回転）される。タービン 33（タービン 33 の回転子）の回転は、駆動軸（ドライブ側）を介してコンプレッサ 24 の被駆動軸（ドリブン側）に伝達され、コンプレッサ 24（コンプレッサ 24 の回転子）を回転して燃料電池 1 のアノードオフガス（水素）を圧縮する。このタービン 33 は、請求項における「カソードと背圧弁との間のオフガスの流

路上にこのオフガスの圧力により駆動されるタービン」に該当する。ちなみに、コンプレッサ 24 及びタービン 33 は、燃料電池用ガス循環装置 C として後に詳しく説明する。なお、スーパーチャージャ 31 が燃料電池 1 に供給される空気に与えることのできるエネルギーの量は、モータの動力に依存する。一方、水素供給装置 2 のコンプレッサ 24 がアノードオフガスに与えることのできるエネルギーの量は、このタービン 33 を通流するカソードオフガスの量及び圧力に依存する。

【0028】バイパス弁 34 は、タービン 33 をバイパスする配管の途中に、タービン 33 をバイパスするカソードオフガスの量を調節する目的で設けられる弁開度調節可能な例えばゲート弁であり、図示しないステッピングモータにより駆動される。バイパス弁 34 の開度を増すと、タービン 33 を通流するカソードオフガスの量が減ってタービン 33 の回転速度が遅くなる。逆に、バイパス弁 34 の開度を減らすと、タービン 33 を通流するカソードオフガスの量が増えてタービン 33 の回転速度が早くなる。バイパス弁 34 は、例えばタービン 33 がオーバーレブ（過回転）しないように、タービン 33 の回転速度を抑制するために機能する。なお、このタービン 33 をバイパスする配管は、請求項における「タービンを迂回させるバイパス流路」に該当する。また、バイパス弁 34 は、請求項における「開度調整可能なバイパス弁」に該当する。

【0029】背圧弁 35 は、空気供給装置 3 の末端に、燃料電池 1 のカソード 12 の背圧を調整する目的で設けられる弁開度調節可能な例えばゲート弁であり、図示しないステッピングモータにより駆動される。背圧弁 35 の開度を増すと、燃料電池 1 のカソード 12 の圧力が低くなる。また、タービン 33 の前後の圧力差が大きくなる傾向になるので、タービン 33 の回転速度が早くなる。逆に、背圧弁 35 の開度を減らすと、燃料電池 1 のカソード 12 の圧力が高くなる。また、タービン 33 の前後の圧力差が小さくなる傾向になるので、タービン 33 の回転速度が遅くなる。この背圧弁 35 は、請求項における「カソードから排出されるオフガスの流路上に設けられ、燃料電池に加えられる空気の圧力を調整する背圧弁」に該当する。

【0030】背圧弁 35 を通流したカソードオフガスは大気中に放出される。なお、燃料電池 1 は、水素と空気中の酸素を電気化学的に反応して水と電気を生成する発電器であり、炭化水素や二酸化炭素などを排出しない。なお、符号 P 31 は、カソード入口 12a における空気の圧力（カソード入口圧力）を検出する圧力センサであり、検出信号は制御装置 4 に送信される。また、符号 P 32 は、カソード出口 12b における空気の圧力（カソード出口圧）を検出する圧力センサであり、検出信号は制御装置 4 に送信される。また、タービン 33 の回転軸における符号 N は、タービン 33 の回転速度を検出する

回転速度センサであり、検出信号は制御装置 4 に送信される。

【0031】制御装置 4 を説明する。制御装置 4 は、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory) や入出力インタフェースを備える。この制御装置 4 には、出力要求信号（図示しない出力コントローラが送信）、圧力信号（各圧力センサ P 21、P 31、P 32 が送信）、回転速度信号（回転速度センサ N が送信）などに基づいて、スーパーチャージャ 31 の回転速度、バイパス弁 34 の弁開度、背圧弁 35 の弁開度を制御する。

【0032】制御装置 4 はスーパーチャージャ 31（モータ）に対して、出力要求信号に対応するカソード入口圧になるように、回転速度を増減制御する回転速度制御信号を送信する。ちなみに、出力要求信号が大きくなるとカソード入口圧も大きくなるように設定されている。また、制御装置 4 はバイパス弁 34（図示しないステッピングモータ）に対して、タービン 33 の回転速度が所定値以上にならないように、つまりオーバーレブしないようにバイパス弁 34 の弁開度を増減制御する弁開度信号を送信する（タービン 33 の回転速度は前記のとおり回転速度センサ N が検出する）。弁開度信号には、圧力センサ P 21 によるアノード圧力信号も加味され、アノード入口 11a における水素の圧力（アノード入口圧）が所定の圧力になるようにしている。また、制御装置 4 は背圧弁 35（図示しないステッピングモータ）に対して、燃料電池 1 の背圧（カソード出口圧）が所定の圧力になるように背圧弁 35 の弁開度を増減制御する弁開度信号を送信する。

【0033】この燃料電池システム FCS の動作を説明する。燃料電池 1 のカソード 12 の側に対しては、外気中から空気がスーパーチャージャ 31 により空気供給装置 3 に取り込まれ、加湿器 32 を介して燃料電池 1 のカソード入口 12a に供給され、カソード出口 12b から排出される。燃料電池 1 のカソード 12 では、アノード 11 から供給されるプロトンと空気中の酸素が電気化学的に反応して水を生成する。また、カソード 12 には、アノード 11 で生成した電子が VCU 13 や負荷を経由して到達する。カソード 12 から排出されたカソードオフガスは、加湿器 32 でカソード 12 に供給される空気を加湿する。つまり、カソードオフガスから水分が回収される。次に、カソードオフガスは、タービン 33 を駆動する。つまり、カソードオフガスから圧力エネルギーが回収される。そして、カソードオフガスは、背圧弁 35 を介して大気中に放出される。

【0034】この一連の過程において、出力要求信号が増加すると制御装置 4 によりスーパーチャージャ 31 の回転が速くされる。また、カソード入口圧が所定の圧力以上になると制御装置 4 によりスーパーチャージャ 31 の回転が遅くされる。また、タービン 33 の回転が速くなり

すぎると制御装置 4 によりタービン 33 をバイパスするカソードオフガスの量が増加される。また、カソード出口圧（カソード背圧）が所定値よりも低くなると制御装置 4 により背圧弁 35 の弁開度が閉じる方向に制御される。

【0035】一方、燃料電池 1 のアノード 11 の側に対しては、水素ガス容器 21 から純水素がレギュレータ 22 及び加湿器 23 を介して燃料電池 1 のアノード入口 11a に供給され、アノード出口 11b から排出される。燃料電池 1 のアノード 11 では、水素が触媒の存在下で分解して、プロトンと電子を生成すると共に電子を生成する。生成したプロトンは、電解質膜を通過してカソード 12 に到達する。生成した電子は、VCU 13 及び負荷を経由してカソード 12 に到達する。アノード 11（アノード出口 11b）から排出されたアノードオフガスは、コンプレッサ 24 により圧縮される。このコンプレッサ 24 は、カソードオフガスから圧力エネルギーを回収してアノードオフガスに与えるものである。コンプレッサ 24 で圧縮されたアノードオフガスは、三方弁 25 及び戻し配管 Pr を通流して燃料電池 1 のアノード 11 に供給する水素に合流し、循環される。なお、三方弁が循環位置ではなく排出位置にあるときは、排出管 Po を通流して水素供給装置 2 の系外に排出される。

【0036】この燃料電池システム FCS によれば、水素を循環するための特別のエネルギーを必要としない。しかも、燃料電池 1 に供給される水素の圧力（燃料電池 1 の上流側での水素の圧力）でアノードオフガスを圧縮して循環するのとは異なり、燃料電池 1 に供給される水素の圧力を高くすることが可能である。燃料電池 1 の運転圧力を高くすると発電効率が向上する。また、燃料電池 1 に供給される水素の圧力でアノードオフガスを圧縮して循環するのとは比べて、水素ガス容器 21 に貯蔵された水素をより低い圧力まで取り出すことができる。つまり、水素ガス容器 21 に貯蔵された水素を、充分に使用することができる。このため、例えば燃料電池を搭載した燃料電池自動車の場合、1 回の燃料補給で走行できる距離を長くすることができる。ちなみに、燃料電池自動車においては、1 回の燃料補給で走行できる距離を如何に長くするかが重要な技術開発の課題になっている。また、カソードオフガスの保有する圧力エネルギーをタービン 33 で回収するので、カソードオフガスを大気中に放出する場合の排気音を低減することができる。また、従来、大気中に無駄に捨てられていたエネルギーを回収して有効利用できる。また、バイパス弁 34 により、圧力エネルギーの回収量を調節することができるので、燃料電池システム FCS の制御性がよくなる。また、背圧弁 35 により、燃料電池 1 の運転圧力を高くすることができると共に、燃料電池システム FCS の制御性がよくなる。

【0037】なお、図 2 は、燃料電池の出力を横軸に、アノード側必要エネルギー及びカソード側回収エネルギーを

縦軸にとったグラフである。このグラフに破線で示す曲線は、カソードオフガスから回収できるエネルギー（カソード側回収エネルギー）を示す。一方、このグラフに実線で示す曲線は、アノードオフガスを循環するために必要となるエネルギー（アノード側必要エネルギー）を示す。このグラフから、燃料電池 1 のすべての出力帯域でカソードオフガスから回収できるエネルギーの方が、アノードオフガスを循環するために必要になるエネルギーよりも大きいことが分る。つまり、アノードオフガスを循環するために、特別のエネルギーを必要としないことが分る。加えて、両曲線は共に燃料電池 1 の出力が大きくなると大きくなる関係にある。このため、特別の制御を行わなくとも、カソードオフガスから回収したエネルギーをそのままアノードガスを循環するエネルギーとして使用することができる。

【0038】《燃料電池用ガス循環装置》次に、燃料電池用ガス循環装置を、図面を参照して説明する。図 3 は、本実施形態の燃料電池用ガス循環装置の断面図である。

【0039】図 3 に示すように、本実施形態の燃料電池用ガス循環装置 C は、コンプレッサ 24 にかかる部分、タービン 33 にかかる部分、タービン 33 で発生した駆動力をコンプレッサ 24 に伝達する駆動力伝達部 51 にかかる部分から構成される。

【0040】コンプレッサ 24 にかかる部分は、筐体 24a、回転子 24b、被駆動軸 24c、ベアリング 24d、24d などから構成される。筐体 24a は、回転子 24b、被駆動軸 24c、ベアリング 24d、24d などなどを所定の位置関係で収容する。この筐体 24a には、アノードオフガス入口 24in、アノードオフガス出口 24out が形成されている。回転子 24b は円筒形状をしており、図 3 に示すようにその軸心には被駆動軸 24c が挿通されている。回転子 24b の表面には、被駆動軸 24c が所定方向に回転した場合に、図 3 の下方から上方に向けて水素を圧縮しながら送出するように、羽が複数枚設けられている。被駆動軸 24c は、ベアリング 24d、24d により軸支されている。従って、被駆動軸 24c に回転力が入力されると、被駆動軸 24c 及び回転子 24b が筐体 24a の中で円滑に回転するようになっている。

【0041】タービン 33 にかかる部分は、筐体 33a、回転子 33b、駆動軸 33c、ベアリング 33d などから構成される。筐体 33a は、回転子 33b、駆動軸 33c、ベアリング 33d などなどを所定の位置関係で収容する。この筐体 33a には、カソードオフガス入口 33in、アノードオフガス出口 33out、バイパス弁接続口 33jc が形成されている。回転子 33b は円盤形状をしており、図 3 に示すように中心部分が駆動軸 33c に固定されている。回転子は図 3 に示す下方から上方に向けてカソードオフガスが流れた場合に、カソードオフガ

スのエネルギーにより所定方向に回転するようになっている。駆動軸 33c は、ベアリング 33d により軸支されている。従って、カソードオフガスの圧力エネルギーにより、回転子 33b 及び駆動軸 33c が筐体 33a の中で円滑に回転するようになっている。

【0042】駆動力伝達部 51 は、雄マグネットカップリング 51a、雌マグネットカップリング 51b、隔壁 51c などを含んで構成される。凸形状の雄マグネットカップリング 51a と凹形状の雌マグネットカップリング 51b は、永久磁石の吸引力により、駆動軸 33c における回転力を被駆動軸 24c に伝達するものである。このため、両カップリング 51a、51b は、雄雌嵌合する形状に構成され、互いが直接接触しなくとも、相互に強く引き合うようにしてある。なお、雄マグネットカップリング 51a は、被駆動軸 24c のタービン 33 側の端部に固着されている。一方、雌マグネットカップリング 51b は、駆動軸 33c のコンプレッサ 24 側の端部に固定されている。また、雄マグネットカップリング 51a と雌マグネットカップリング 51b の間には、ガスバリア性を有する樹脂製の隔壁 51c が介在しており、コンプレッサ 24 側を通流する水素と、タービン 33 側を通流する空気が混合しないようになっている。このため、水素のロスがなく、燃費の改善が達成される。ちなみに、隔壁 51c は、図 3 の右方向に突出する凸部を有する形状をしており、両マグネットカップリング 51a、51b には接触しないようになっている。また、隔壁 51c のフランジ部分は両方の筐体 24a、33a に挟持され固定されるようになっている。ここで、筐体 24a、33a は、請求項における「タービン、コンプレッサ及び隔壁を内蔵する筐体」に該当する。

【0043】この燃料電池用ガス循環装置 C の動作を、図 3 を参照して説明する。カソードオフガスがカソードオフガス入口 33in から流入してカソードオフガス出口 33out から流出すると、カソードオフガスが保有する圧力エネルギーにより羽を有する回転子 33b と共に駆動軸 33c が一体に回転する。駆動軸 33c の一端側には、永久磁石が取り付けられた雌マグネットカップリング 51b が固定されており、この雌マグネットカップリング 51b も同時に回転する。

【0044】雄マグネットカップリング 51b の回転は、磁力を介して隔壁 51c の向こうにある雄マグネットカップリング 51a に伝達される。雄マグネットカップリング 51a には、被駆動軸 24c が固定されているので、雄マグネットカップリング 51a は、被駆動軸 24c と共に回転する。すると、羽を有する回転子 24b も回転するので、アノードオフガス入口 24in からアノードオフガスを吸引すると共に圧縮してアノードオフガス出口 24out から排出する。これにより、アノードオフガスが圧縮される。

【0045】この燃料電池用ガス循環装置 C によれば、

オフガス同士を混合することなくカソードオフガスの圧力エネルギーを回収して、アノードオフガスに与えることができる。回転トルクの伝達性もよい。なお、隔壁は、ガスバリア性と磁石に吸引されない性質を有するもの（磁性材料でないもの）であればよい。また、両マグネットカップリング 51a、51b のいずれを N 極、S 極としてもよい。

【0046】なお、本発明は、前記した発明の実施の形態に限定されることなく広く変形実施することができる。例えば、燃料電池は、燃料電池電気自動車に使用されるものに限定されることなく、定置式の燃料電池にも適用することができる。

【0047】

【発明の効果】以上説明した本発明のうち、請求項 1 に記載の発明によれば、燃料電池の効率を低下することなく燃料ガスを再循環することができる。また、燃料電池を高い圧力で運転しやすくなる。また、燃料ガス容器に貯蔵された燃料ガスを燃料電池に供給する場合でも、この容器に貯蔵された燃料ガスを十分に使い切ることができる。また、請求項 2 に記載の発明によれば、カソードガスが保有する圧力エネルギーのタービンによる回収量を調整することができるので、燃料電池の運転が容易になる。また、請求項 3 に記載の発明によれば、カソードオフガスとアノードオフガスが混合することがなく、燃料電池の燃費を向上することができる。また、回転トルクの伝達ロスが少ない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明にかかる実施形態の燃料電池用ガス循環システムが適用される燃料電池システムの全体構成図である。

【図 2】 図 1 の燃料電池の出力を横軸に、アノード側必要エネルギー及びカソード側回収エネルギーを縦軸にとったグラフである。

【図 3】 本発明にかかる実施形態の燃料電池用ガス循環装置の断面図である。

【図 4】 従来例を示す図である。

【符号の説明】

FCS…燃料電池システム

1 … 燃料電池

11… アノード

12… カソード

2 … 水素供給装置

24… コンプレッサ

24a…筐体

24c…被駆動軸

3 … 空気供給装置

33… タービン

33a…筐体

33c…駆動軸

34… バイパス弁

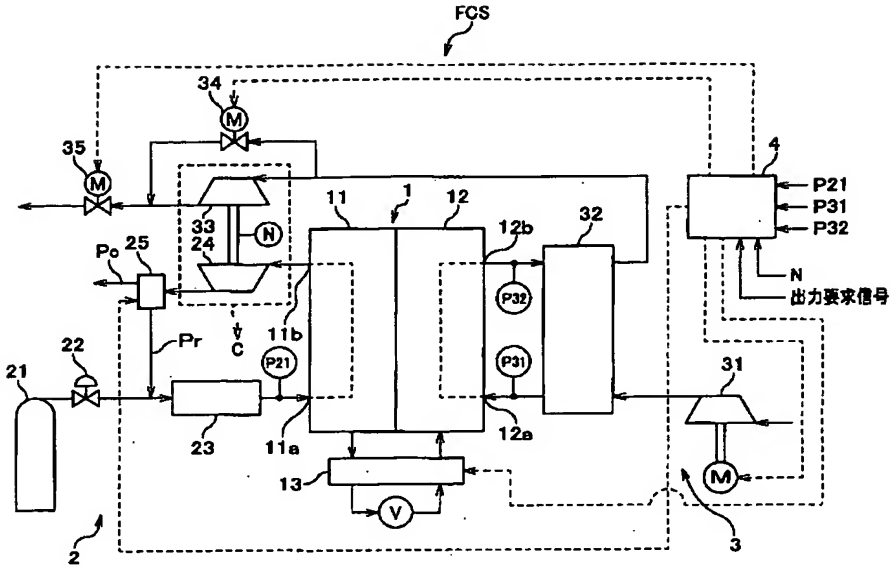
35... 背圧弁

\* C ... 燃料電池用ガス循環装置

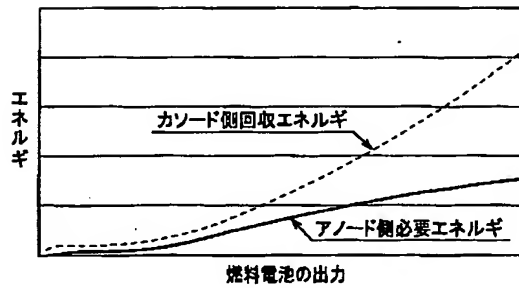
51c... 隔壁

\*

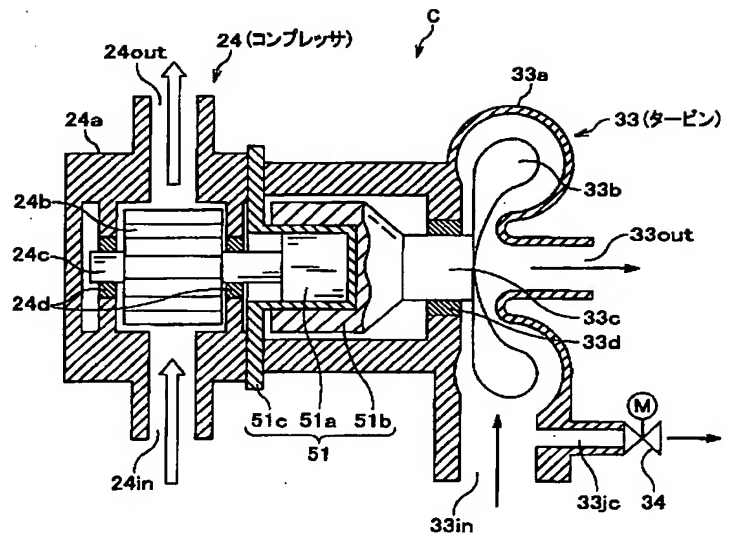
【図1】



【図2】



【図3】



【図 4】

